

# Fundamentos de Sistemas de Bases de Datos

Quinta Edición

**RAMEZ ELMASRI**

*Department of Computer Science and Engineering  
The University of Texas at Arlington*

**SHAMKANT B. NAVATHE**

*College of Computing  
Georgia Institute of Technology*

**Traducción**

José Manuel Díaz



Boston • San Francisco • Nueva York • Londres  
Toronto • Sydney • Tokio • Singapur • Madrid • Ciudad de México  
Munich • París • Ciudad del Cabo • Hong Kong • Montreal

# Prefacio

**E**ste libro introduce los conceptos fundamentales necesarios para diseñar, utilizar e implementar sistemas y aplicaciones de bases de datos. Nuestra presentación acentúa los principios básicos del modelado y el diseño de una base de datos, así como los lenguajes y servicios proporcionados por los sistemas gestores de bases de datos, sin olvidar las técnicas de implementación del sistema. El libro está pensado para ser utilizado como libro de texto para un curso (de nivel principiante, medio o avanzado) sobre sistemas de bases de datos de uno o dos semestres, o como libro de referencia. Asumimos que el lector está familiarizado con los conceptos elementales sobre programación y estructura de los datos.

Empezamos en la Parte 1 con una introducción y una presentación de los conceptos y la terminología básicos, y los principios del modelado conceptual de una base de datos. Concluimos en las Partes 7 y 8 con una introducción a las tecnologías emergentes, como la minería de datos, XML, la seguridad y las bases de datos web. Por el camino (en las Partes 2 a 6) proporcionamos un tratamiento en profundidad de los aspectos más importantes de los fundamentos de las bases de datos.

En la quinta edición hemos incluido las siguientes características:

- Una organización flexible e independiente que puede ajustarse a las necesidades individuales.
- Un capítulo nuevo de introducción a las técnicas de programación en SQL para aplicaciones web utilizando PHP, el popular lenguaje de *scripting*.
- Un conjunto actualizado y ampliado de ejercicios al final de cada capítulo.
- Una explicación actualizada sobre seguridad, bases de datos móviles, GIS y la manipulación de datos en bioinformática.
- Un sitio web complementario ([www.librosite.net/elmasri](http://www.librosite.net/elmasri)) que incluye datos que pueden cargarse en distintos tipos de bases de datos relacionales al objeto de conseguir unos ejercicios más realistas.
- Un sencillo intérprete de cálculo y álgebra relacionales.
- Los ejercicios propuestos al final de los capítulos (del 3 al 12) versan sobre los temas del capítulo y funcionan en combinación con las bases de datos del sitio web complementario; estos ejercicios se amplían posteriormente a medida que se explica material nuevo.
- Una revisión significativa de los suplementos, incluyendo un robusto conjunto de materiales para los profesores y los estudiantes, como diapositivas de PowerPoint, las figuras del texto y la guía del profesor con las soluciones.

## Principales diferencias con la cuarta edición

Los cambios organizativos en la quinta edición son mínimos. Las mejoras de esta edición se han centrado en los capítulos individuales. Los principales cambios son los siguientes:

- Inclusión de nuevos ejercicios de práctica y la mejora de los ejercicios propuestos al final de los capítulos (Partes 1 a 3).
- Un nuevo Capítulo 26, que es una introducción a la programación de bases de datos web utilizando el lenguaje de scripting PHP.
- Ejemplos nuevos que ilustran los algoritmos de normalización y diseño de una base de datos (Capítulos 10 y 11).
- Un Capítulo 23 actualizado sobre seguridad.
- Un Capítulo 30 revisado dedicado a las tecnologías y aplicaciones de bases de datos emergentes para reflejar lo más actual sobre bases de datos móviles, GIS y la gestión de los datos del genoma.
- Un diseño nuevo que mejora la apariencia visual de las figuras, y el uso de fuentes especiales para los atributos y los tipos de entidades que mejoran la lectura y la comprensión.

## Contenidos de la quinta edición

La Parte 1 describe los conceptos básicos necesarios para un buen entendimiento del diseño y la implementación de bases de datos, así como las técnicas de modelado conceptual utilizadas en los sistemas de bases de datos. Los Capítulos 1 y 2 son una introducción a las bases de datos, los usuarios típicos y los conceptos de DBMS, su terminología y su estructura. En el Capítulo 3 se presentan y utilizan los conceptos sobre el modelo ER (entidad-relación) y los diagramas ER para ilustrar el diseño conceptual de una base de datos. El Capítulo 4 se centra en la abstracción de los datos y los conceptos de modelado semántico de los mismos, y amplía la explicación del modelo ER para incorporar estas ideas, lo que conduce al modelo de datos EER (modelo ER mejorado) y los diagramas EER. Los conceptos presentados incluyen los tipos de subclases, la especialización, la generalización y la unión (categorías). En los Capítulos 3 y 4 también explicamos la notación UML para los diagramas de clase.

La Parte 2 describe el modelo de datos relacional y los DBMSs relacionales. El Capítulo 5 describe el modelo relacional básico, sus restricciones de integridad y las operaciones de actualización. El Capítulo 6 describe las operaciones del álgebra relacional e introduce el cálculo relacional. El Capítulo 7 explica el diseño de bases de datos relacionales utilizando el mapeado ER- y EER-a-relacional. El Capítulo 8 ofrece una panorámica detallada del lenguaje SQL, incluyendo el estándar SQL que se implementa en la mayoría de los sistemas relacionales. El Capítulo 9 abarca temas de programación en SQL, como SQLJ, JDBC y SQL/CLI.

La Parte 3 abarca varios temas relacionados con el diseño de bases de datos. Los Capítulos 10 y 11 están dedicados a los formalismos, las teorías y los algoritmos desarrollados para el diseño de bases de datos relacionales. Este material incluye los tipos de dependencias funcionales, entre otros, y las formas normales de las relaciones. En el Capítulo 10 se presentan una normalización intuitiva por pasos, mientras que en el Capítulo 11 se incluyen los algoritmos de diseño relacional con ejemplos. En este capítulo también se definen otros tipos de dependencias, como las multivalor y las de concatenación. El Capítulo 12 presenta una visión general de las diferentes fases del proceso de diseño de una base de datos para aplicaciones de tamaño medio y grande, utilizando UML.

La Parte 4 empieza con una descripción de las estructuras físicas de los ficheros y de los métodos de acceso que se utilizan en los sistemas de bases de datos. El Capítulo 13 describe los principales métodos para organizar los ficheros de registros en el disco, incluyendo la dispersión (*hashing*) estática y dinámica. El Capítulo

14 describe las técnicas de indexación para ficheros, como las estructuras de datos árbol B y árbol B+ y los ficheros rejilla. El Capítulo 15 ofrece una introducción de los fundamentos básicos del procesamiento y la optimización de consultas, mientras que el Capítulo 16 explica el diseño y la refinación de una base de datos física.

La Parte 5 explica el procesamiento de transacciones, el control de la concurrencia y las técnicas de recuperación, además de descripciones de cómo se materializan estos conceptos en SQL.

La Parte 6 ofrece una introducción global a los sistemas de bases de datos de objetos y de objetos relacionales. El Capítulo 20 introduce los conceptos de orientación a objetos. El Capítulo 21 ofrece una panorámica detallada del modelo de objeto ODMG y sus lenguajes ODL y OQL asociados. El Capítulo 22 describe cómo las bases de datos relacionales se están ampliando con el fin de incluir conceptos de orientación a objetos, y presenta las características de los sistemas de objetos relacionales, así como una visión general de algunas características del estándar SQL3 y del modelo de datos relacional anidado.

Las Partes 7 y 8 están dedicadas a temas más avanzados. El Capítulo 23 ofrece una visión general de la seguridad en las bases de datos, incluyendo el modelo de control de acceso discrecional con comandos SQL para otorgar y revocar privilegios, sin olvidar el modelo de control de acceso obligatorio con categorías de usuario y la instanciación múltiple. Se explican más en detalle las medidas de control de la seguridad, incluyendo el control del acceso, el control de la inferencia, el control del flujo y el cifrado de los datos, así como los problemas relacionados con la privacidad. El Capítulo 24 introduce varios modelos de bases de datos mejorados para aplicaciones avanzadas, como las bases de datos activas y los *triggers*, así como las bases de datos de tiempo, espaciales, multimedia y deductivas. El Capítulo 25 ofrece una introducción a las bases de datos distribuidas y la arquitectura de tres niveles cliente/servidor. El Capítulo 26 es un capítulo nuevo que introduce la programación de bases de datos web mediante PHP. El Capítulo 27 es una introducción a XML; presenta sus conceptos y compara el modelo XML con los modelos de bases de datos tradicionales. El Capítulo 28 sobre la minería de datos ofrece una visión general del proceso de minería y el descubrimiento del conocimiento, además de ofrecer una explicación breve sobre distintos métodos y herramientas comerciales. El Capítulo 29 introduce los conceptos de almacenamiento de datos. Por último, el Capítulo 30 es una introducción a las bases de datos móviles, las bases de datos multimedia, los sistemas GIS y la administración de datos del genoma en bioinformática.

El Apéndice A ofrece algunas notaciones alternativas para visualizar un esquema ER o EER conceptual, que pueden sustituirse por la notación que utilizamos nosotros, si así lo prefiere el profesor. El apéndice B ofrece algunos parámetros importantes de los discos. El Apéndice C ofrece una visión general del lenguaje de consulta gráfico QBE.

Los apéndices D y E (disponibles en el sitio web complementario del libro, [www.librosite.net/elmasri](http://www.librosite.net/elmasri)) están dedicados a los sistemas de bases de datos heredados, basados en los modelos de bases de datos jerárquicos y de red. Se han utilizado durante más de treinta años como base de muchas de las aplicaciones de bases de datos comerciales y sistemas de procesamiento de transacciones, y pasarán décadas hasta que se reemplacen completamente. Consideramos que es importante que los estudiantes de bases de datos conozcan estos métodos tan longevos.

## Directrices para utilizar este libro

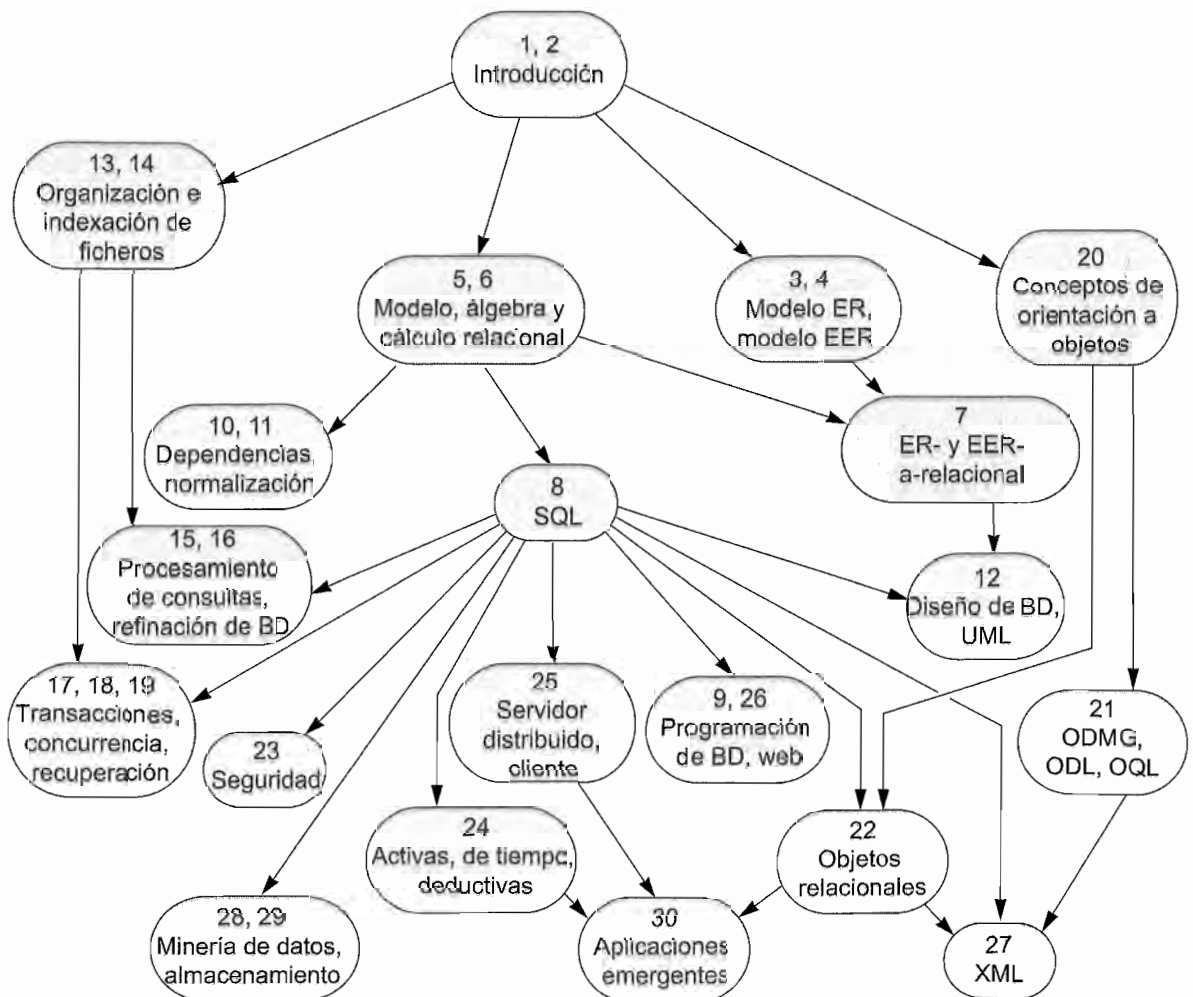
Hay muchas formas diferentes de impartir un curso de bases de datos. Los capítulos de las Partes 1 a 5 se pueden utilizar, en el orden en que aparecen o en el orden deseado, como introducción a los sistemas de bases de datos. Los capítulos y las secciones seleccionados se pueden omitir, y el profesor puede añadir otros capítulos del resto del libro, en función de los objetivos del curso. Al final de la sección inicial de cada capítulo, se enumeran las secciones candidatas a ser omitidas en caso de que se precise una explicación menos detallada del tema en cuestión. Sugerimos llegar hasta el Capítulo 14 en un curso de introducción a las bases de datos, e incluir las partes seleccionadas de otros capítulos, en función de los conocimientos de los estudiantes y de

los objetivos perseguidos. En el caso de que el curso abarque también las técnicas de implementación de sistemas, habría que incluir los capítulos de las Partes 4 y 5.

Los Capítulos 3 y 4, que abarcan el modelado conceptual mediante los modelos ER y EER, son importantes para un buen conocimiento de las bases de datos. No obstante, estos capítulos se pueden ver parcialmente, verse más tarde en el curso, u omitirse completamente si el objetivo de este último es la implementación de un DBMS. Los Capítulos 13 y 14, dedicados a la organización e indexación de ficheros, también se pueden ver más tarde o temprano en el curso, u omitirse completamente si el objetivo son los modelos de datos y los lenguajes. Los estudiantes que han completado un curso sobre organización de ficheros, ciertas partes de estos capítulos pueden considerarse como material de lectura, o pueden asignarse algunos ejercicios como un repaso de los conceptos.

Un proyecto de diseño e implementación de bases de datos completo abarca el diseño conceptual (Capítulos 3 y 4), el mapeado del modelo de datos (Capítulo 7), la normalización (Capítulo 10) y la implementación en SQL (Capítulo 9). También es preciso considerar el Capítulo 26 si el objetivo del curso abarca las aplicaciones de bases de datos web. Se precisa documentación adicional sobre los lenguajes de programación y los RDBMS utilizados.

El libro está escrito para que sea posible abarcar temas en diferentes secuencias. El gráfico de la siguiente figura muestra las principales dependencias entre los capítulos. Como el diagrama ilustra, es posible empezar



con varios temas diferentes a continuación de los dos primeros capítulos de introducción. Aunque el gráfico puede parecer complejo, es importante saber que si los capítulos se cubren en orden, las dependencias no se pierden. El gráfico lo pueden consultar los profesores que desean seguir un orden alternativo de presentación.

En un curso de un semestre basado en este libro, los capítulos seleccionados pueden asignarse como material de lectura. Las Partes 4, 7 y 8 se pueden considerar para este cometido. El libro también se puede utilizar para una secuencia de dos semestres. El primer curso, *Introducción al diseño/sistemas de bases de datos*, a un nivel de estudiante de segundo año, medio o de último año, puede cubrir la mayoría de los Capítulos 1 a 14. El segundo curso, *Técnicas de diseño e implementación de bases de datos*, a un nivel de estudiante de último año o graduado de primer año, puede abarcar los Capítulos 15 a 30. Los Capítulos de las Partes 7 y 8 se pueden utilizar selectivamente en cualquier semestre, y el material que describe el DBMS y que está disponible para los estudiantes en la institución local, se puede utilizar como complemento del material de este libro.

## Materiales suplementarios

Existe material de apoyo para todos los usuarios de este libro, así como material adicional para los profesores cualificados.

Las anotaciones de lectura y las figuras están disponibles como diapositivas de PowerPoint en el sitio web de Computer Science: <http://www.aw.com/cssupport>.

Un manual de prácticas, novedad en la quinta edición, está disponible en el sitio web complementario del libro ([www.librosite.net/elmasri](http://www.librosite.net/elmasri)). Este manual abarca las herramientas de modelado de datos más populares, un intérprete de álgebra y cálculo relacional, y ejemplos del libro implementados utilizando dos sistemas de gestión de bases de datos muy difundidos. Las prácticas de la parte final de los capítulos de este libro están correlacionadas con el manual.

Los profesores cualificados tienen a su disposición un manual de soluciones. Visite el centro de recursos para profesores de Addison-Wesley (<http://www.aw.com/irc>), o envíe un mensaje de correo electrónico a [computing@aw.com](mailto:computing@aw.com) si desea información sobre cómo acceder a estas soluciones.

## Material de apoyo adicional

Database Place, de Addison-Wesley, contiene materiales interactivos de asistencia a los estudiantes durante sus estudios sobre modelado, normalización y SQL. Mediante un código de acceso, que se incluye con cada copia de este texto, se ofrece una suscripción complementaria a Database Place. Las suscripciones también pueden adquirirse *online*. Si desea más información, visite <http://www.aw.com/databaseplace>.

## Agradecimientos

Es un gran placer reconocer la ayuda y contribución de tantas personas a este proyecto. En primer lugar, queremos dar las gracias a nuestros editores, Matt Goldstein y Katherine Harutunian. En particular, queremos reconocer el esfuerzo y la ayuda de Matt Goldstein, nuestro editor principal para la quinta edición. También queremos dar las gracias a aquellas personas de Addison-Wesley que han contribuido con su esfuerzo a esta quinta edición: Michelle Brown, Gillian Hall, Patty Mahtani, Maite Suarez-Rivas, Bethany Tidd y Joyce Cosentino Wells. Estamos agradecidos a Gillian Hall por el diseño interior de esta edición y por su detallada atención sobre los estilos, las fuentes y los elementos artísticos que tan cuidadosamente ha preparado para este libro.

También queremos agradecer la contribución de los siguientes revisores: Hani Abu-Salem, *DePaul University*; Jamal R. Alsabbagh, *Grand Valley State University*; Ramzi Bualuan, *University of Notre Dame*;

Soon Chung, *Wright State University*; Sumali Conlon, *University of Mississippi*; Hasan Davulcu, *Arizona State University*; James Geller, *New Jersey Institute of Technology*; Le Gruenwald, *The University of Oklahoma*; Latifur Khan, *University of Texas at Dallas*; Herman Lam, *University of Florida*; Byung S. Lee, *University of Vermont*; Donald Sanderson, *East Tennessee State University*; Jamil Saquer, *Southwest Missouri State University*; Costas Tsatsoulis, *University of Kansas*; y Jack C. Wileden, *University of Massachusetts, Amherst*. Queremos dar las gracias a Raj Sunderraman por trabajar con nosotros en las prácticas de este libro y en el diseño de los ejercicios. Salman Azar, de la *Universidad de San Francisco*, también contribuyó con algunos ejercicios.

A Sham Navathe le gustaría dar las gracias a sus estudiantes de la Georgia Tech: Saurav Sahay, Liora Sahar, Fariborz Farahmand, Nalini Polavarapu, Wanxia Xie, Ying Liu y Gaurav Bhatia. Ed Omiecinski también ayudó con valiosas sugerencias y correcciones.

Nos gustaría repetir nuestro agradecimiento a todas esas personas que revisaron y contribuyeron con su trabajo en las ediciones anteriores de este libro:

- **Primera edición.** Alan Apt (editor), Don Batory, Seott Downing, Dennis Heimbinger, Julia Hodges, Yannis Ioannidis, Jim Larson, Dennis McLeod, Per-Ake Larson, Rahul Patel, Nicholas Roussopoulos, David Stemple, Michael Stonebraker, Frank Tompa y Kyu-Young Whang.
- **Segunda edición.** Dan Joraanstad (editor), Rafi Ahmed, Antonio Albano, David Beech, Jose Blakeley, Panos Chrysanthis, Suzanne Dietrich, Vic Ghorpadey, Goets Graefe, Eric Hanson, Junguk L. Kim, Roger King, Vram Kouramajian, Vijay Kumar, John Lowther, Sanjay Manchanda, Toshimi Minoura, Inderpal Mumick, Ed Omiecinski, Girish Pathak, Raghu Ramakrishnan, Ed Robertson, Eugene Sheng, David Stotts, Marianne Winslett y Stan Zdonick.
- **Tercera edición.** Maite Suarez-Rivas y Katherine Harutunian (editoras); Suzanne Dietrich, Ed Omiecinski, Rafi Ahmed, Francois Bancelhon, Jose Blakeley, Rick Cattell, Ann Chervenak, David W. Embley, Henry A. Etlinger, Leonidas Fegaras, Dan Forsyth, Farshad Fotouhi, Michael Franklin, Sreejith Gopinath, Goetz Craefe, Richard Hull, Sushil Jajodia, Ramesh K. Karne, Harish Kotbagi, Vijay Kumar, Tarcisio Lima, Ramon A. Mata-Toledo, Jaek McCaw, Dennis McLeod, Rokia Missaoui, Magdi Morsi, M. Narayanaswamy, Carlos Ordonez, Joan Peckham, Betty Salzberg, Ming-Chien Shan, Junping Sun, Rajshekhar Sunderraman, Aravindan Veerasamy y Emilia E. Villareal.
- **Cuarta edición.** Maite Suarez-Rivas, Katherine Harutunian, Daniel Rausch y Juliet Silveri (editores); Phil Bernhard, Zhengxin Chen, Jan Chomicki, Hakan Ferhatosmanoglu, Len Fisk, William Hankley, Ali R. Hurson, Vijay Kumar, Peretz Shoval, Jason T. L. Wang (revisores); Ed Omiecinski (que contribuyó en el Capítulo 27); Las personas de la Universidad de Texas en Arlington que contribuyeron en esta edición fueron Hyoil Han, Babak Hojabri, Jack Fu, Charley Li, Ande Swathi y Steven Wu; Las personas de la Georgia Tech que contribuyeron en esta obra fueron Dan Forsythe, Weimin Feng, Angshuman Guin, Abrar Ul-Haque, Bin Liu, Ying Liu, Wanxia Xie y Waigen Yee.

Por último, pero no menos importante, queremos agradecer el apoyo, el ánimo y la paciencia de nuestras familias.

R.E.  
S.B.N.

# Contenido

## ■ Parte 1 Introducción y modelado conceptual 1

### Capítulo 1 Bases de datos y usuarios de bases de datos 3

- 1.1 Introducción 4
- 1.2 Un ejemplo 6
- 1.3 Características de la metodología de bases de datos 8
- 1.4 Actores de la escena 13
- 1.5 Trabajadores entre bambalinas 15
- 1.6 Ventajas de utilizar una metodología DBMS 15
- 1.7 Breve historia de las aplicaciones de bases de datos 20
- 1.8 Cuándo no usar un DBMS 23
- 1.9 Resumen 24
- Preguntas de repaso 24
- Ejercicios 25
- Bibliografía seleccionada 25

### Capítulo 2 Conceptos y arquitectura de los sistemas de bases de datos 27

- 2.1 Modelos de datos, esquemas e instancias 28
- 2.2 Arquitectura de tres esquemas e independencia de los datos 31
- 2.3 Lenguajes e interfaces de bases de datos 33
- 2.4 Entorno de un sistema de bases de datos 36
- 2.5 Arquitecturas cliente/servidor centralizadas para los DBMSs 40
- 2.6 Clasificación de los sistemas de administración de bases de datos 44
- 2.7 Resumen 47
- Preguntas de repaso 48
- Ejercicios 48
- Bibliografía seleccionada 48

### Capítulo 3 Modelado de datos con el modelo Entidad-Relación (ER) 51

- 3.1 Uso de modelos de datos conceptuales de alto nivel para el diseño de bases de datos 52
- 3.2 Un ejemplo de aplicación de base de datos 54



3.3	Tipos de entidad, conjuntos de entidades, atributos y claves	55
3.4	Tipos de relaciones, conjuntos de relaciones, roles y restricciones estructurales	61
3.5	Tipos de entidades débiles	67
3.6	Perfeccionamiento del diseño ER para la base de datos EMPRESA	68
3.7	Diagramas ER, convenciones de denominación y problemas de diseño	69
3.8	Ejemplo de otra notación: diagramas de clase UML	72
3.9	Tipos de relación con grado mayor que dos	75
3.10	Resumen	78
	Preguntas de repaso	79
	Ejercicios	80
	Ejercicios de práctica	86
	Bibliografía seleccionada	87

## **Capítulo 4 El modelo Entidad-Relación mejorado (EER) 89**

4.1	Subclases, superclases y herencia	90
4.2	Especialización y generalización	91
4.3	Restricciones y características de las jerarquías de especialización y generalización	94
4.4	Modelado de tipos UNION usando categorías	100
4.5	Ejemplo EER de un esquema UNIVERSIDAD, diseños y definiciones formales	102
4.6	Ejemplo de otra notación: representación de la especialización y la generalización en diagramas de clase UML	105
4.7	Abstracción de datos, representación del conocimiento y conceptos de ontología	107
4.8	Resumen	112
	Preguntas de repaso	112
	Ejercicios	113
	Ejercicios de práctica	119
	Bibliografía seleccionada	119

## **■ Parte 2 Modelo relacional: conceptos, restricciones, lenguajes, diseño y programación**

### **Capítulo 5 El modelo de datos relacional y las restricciones de una base de datos relacional 123**

5.1	Conceptos del modelo relacional	124
5.2	Restricciones del modelo relacional y esquemas de bases de datos relacionales	129
5.3	Actualizaciones, transacciones y negociado de la violación de una restricción	137
5.4	Resumen	140

Preguntas de repaso	140
Ejercicios	141
Bibliografía seleccionada	144

## **Capítulo 6 El álgebra relacional y los cálculos relacionales 145**

6.1	Operaciones relacionales unarias: SELECCIÓN (SELECT) y PROYECCIÓN (PROJECT)	146
6.2	Operaciones de álgebra relacional de la teoría de conjuntos	151
6.3	Operaciones relacionales binarias: CONCATENACIÓN (JOIN) y DIVISIÓN (DIVISION)	155
6.4	Operaciones relacionales adicionales	162
6.6	Cálculos relacionales de tupla	169
6.7	Los cálculos relacionales de dominio	177
6.8	Resumen	179
	Preguntas de repaso	180
	Ejercicios	180
	Ejercicios de práctica	185
	Bibliografía seleccionada	186

## **Capítulo 7 Diseño de bases de datos relacionales por mapeado ER- y EER-a-relacional 189**

7.1	Diseño de una base de datos relacional utilizando el mapeado ER-a-relacional	189
7.2	Mapeado de construcciones del modelo EER a las relaciones	196
7.3	Resumen	200
	Preguntas de repaso	201
	Ejercicios	201
	Ejercicios de práctica	202
	Bibliografía seleccionada	202

## **Capítulo 8 SQL-99: definición del esquema, restricciones, consultas y vistas 203**

8.1	Definición de datos y tipos de datos de SQL	205
8.2	Especificación de restricciones en SQL	209
8.3	Sentencias de SQL para cambiar el esquema	212
8.4	Consultas básicas en SQL	213
8.5	Consultas SQL más complejas	222
8.6	Sentencias INSERT, DELETE y UPDATE de SQL	235
8.7	Restricciones como aserciones y triggers	238
8.8	Vistas (tablas virtuales) en SQL	239
8.9	Características adicionales de SQL	243
8.10	Resumen	244

Preguntas de repaso	244
Ejercicios	244
Ejercicios de práctica	248
Bibliografía seleccionada	249

## **Capítulo 9 Introducción a las técnicas de programación SQL 251**

9.1	Programación de bases de datos: problemas y técnicas	252
9.2	SQL incrustado, SQL dinámico y SQLJ	254
9.3	Programación de bases de datos con llamadas a funciones: SQL/CLI y JDBC	264
9.4	Procedimientos almacenados de bases de datos y SQL/PSM	272
9.5	Resumen	274
	Preguntas de repaso	275
	Ejercicios	275
	Ejercicios de práctica	276
	Bibliografía seleccionada	277

## **■ Parte 3 Teoría y metodología del diseño de bases de datos 279**

### **Capítulo 10 Dependencias funcionales y normalización en bases de datos relacionales 281**

10.1	Directrices de diseño informales para los esquemas de relación	282
10.2	Dependencias funcionales	291
10.3	Formas normales basadas en claves principales	298
10.4	Definiciones generales de la segunda y tercera formas normales	305
10.5	Forma normal de Boyce-Codd	308
10.6	Resumen	311
	Preguntas de repaso	311
	Ejercicios	312
	Ejercicios de práctica	316
	Bibliografía seleccionada	316

### **Capítulo 11 Algoritmos de diseño de bases de datos relacionales y dependencias adicionales 317**

11.1	Propiedades de las descomposiciones relacionales	318
11.2	Algoritmos para el diseño de un esquema de base de datos relacional	323
11.3	Dependencias multivalor y cuarta forma normal	332
11.4	Dependencias de concatenación y quinta forma normal	337
11.5	Dependencias de inclusión	338
11.6	Otras dependencias y formas normales	339
11.7	Resumen	341
	Preguntas de repaso	341

Ejercicios	342
Ejercicios de práctica	344
Bibliografía seleccionada	344

## **Capítulo 12 Metodología práctica de diseño de bases de datos y uso de los diagramas UML 345**

12.1	El papel de los sistemas de información en las empresas	346
12.2	El diseño de la base de datos y el proceso de implementación	349
12.3	Uso de diagramas UML como ayuda a la especificación del diseño de la base de datos	366
12.4	Rational Rose, una herramienta de diseño basada en UML	373
12.5	Herramientas automáticas de diseño de bases de datos	379
12.6	Resumen	381
	Preguntas de repaso	382
	Bibliografía seleccionada	383

## **■ Parte 4 Almacenamiento de datos, indexación, procesamiento de consultas y diseño físico 387**

### **Capítulo 13 Almacenamiento en disco, estructuras básicas de ficheros y dispersión 389**

13.1	Introducción	390
13.2	Dispositivos de almacenamiento secundario	393
13.3	Almacenamiento de bloques en el búfer	398
13.4	Ubicación de los registros de fichero en disco	399
13.5	Operaciones sobre ficheros	403
13.6	Ficheros de registros desordenados (ficheros heap)	405
13.7	Ficheros de registros ordenados (ficheros ordenados)	406
13.8	Técnicas de dispersión	409
13.9	Otras organizaciones principales de ficheros	417
13.10	Paralelismo del acceso al disco mediante la tecnología RAID	418
13.11	Nuevos sistemas de almacenamiento	423
13.12	Resumen	424
	Preguntas de repaso	425
	Ejercicios	426
	Bibliografía seleccionada	428

### **Capítulo 14 Estructuras de indexación para los ficheros 429**

14.1	Tipos de índices ordenados de un nivel	430
14.2	Índices multinivel	438
14.3	Índices multinivel dinámicos utilizando árboles B y B1	442
14.4	Índices en claves múltiples	453

- 14.5 Otros tipos de índices 456
- 14.6 Resumen 457
- Preguntas de repaso 458
- Ejercicios 458
- Bibliografía seleccionada 461

## **Capítulo 15 Algoritmos para procesamiento y optimización de consultas 463**

- 15.1 Traducción de consultas SQL al álgebra relacional 465
- 15.2 Algoritmos para ordenación externa 466
- 15.3 Algoritmos para las operaciones SELECT y JOIN 468
- 15.4 Algoritmos para las operaciones de proyección y de conjunto 477
- 15.5 Implementación de las operaciones de agregación y de OUTER JOIN 478
- 15.6 Combinación de operaciones mediante flujos 480
- 15.7 Utilización de la heurística en la optimización de consultas 480
- 15.8 Utilización de la selectividad y la estimación de costes en la optimización de consultas 489
- 15.9 Revisión de la optimización de consultas en Oracle 498
- 15.10 Optimización semántica de consultas 499
- 15.11 Resumen 499
- Preguntas de repaso 500
- Ejercicios 500
- Bibliografía seleccionada 501

## **Capítulo 16 Diseño físico y refinación de la base de datos 503**

- 16.1 Diseño físico de las bases de datos relacionales 503
- 16.2 Visión general de la refinación de una base de datos en los sistemas relacionales 507
- 16.3 Resumen 512
- Preguntas de repaso 513
- Bibliografía seleccionada 513

## **■ Parte 5 Conceptos del procesamiento de transacciones 515**

### **Capítulo 17 Introducción a los conceptos y la teoría sobre el procesamiento de transacciones 517**

- 17.1 Introducción al procesamiento de transacciones 517
- 17.2 Conceptos de transacción y sistema 523
- 17.3 Propiedades deseables de las transacciones 526
- 17.4 Clasificación de las planificaciones en base a la recuperabilidad 527
- 17.5 Clasificación de las planificaciones basándose en la serialización 530
- 17.6 Soporte de transacciones en SQL 538
- 17.7 Resumen 540

- Preguntas de repaso 541
- Ejercicios 541
- Bibliografía seleccionada 542

## **Capítulo 18 Técnicas de control de la concurrencia 545**

- 18.1 Técnicas de bloqueo en dos fases para controlar la concurrencia 545
- 18.2 Control de la concurrencia basado en la ordenación de marcas de tiempo 555
- 18.3 Técnicas multiversión para controlar la concurrencia 557
- 18.4 Técnicas de control de la concurrencia optimistas (validación) 559
- 18.5 Granularidad de los elementos de datos y bloqueo de la granularidad múltiple 560
- 18.6 Uso de bloqueos para controlar la concurrencia en los índices 563
- 18.7 Otros problemas del control de la concurrencia 565
- 18.8 Resumen 566
- Preguntas de repaso 567
- Ejercicios 568
- Bibliografía seleccionada 568

## **Capítulo 19 Técnicas de recuperación de bases de datos 571**

- 19.1 Conceptos de recuperación 571
- 19.2 Técnicas de recuperación basadas en la actualización diferida 577
- 19.3 Técnicas de recuperación basadas en la actualización inmediata 581
- 19.4 Paginación en la sombra (*shadowing*) 583
- 19.5 Algoritmo de recuperación ARIES 584
- 19.6 Recuperación en sistemas multibase de datos 587
- 19.7 Copia de seguridad de la base de datos y recuperación ante fallos catastróficos 588
- 19.8 Resumen 589
- Preguntas de repaso 590
- Ejercicios 591
- Bibliografía seleccionada 593

## **■ Parte 6 Bases de datos de objetos y relacionales de objetos 595**

### **Capítulo 20 Conceptos de las bases de datos de objetos 597**

- 20.1 Panorámica de los conceptos de orientación a objetos 598
- 20.2 Identidad del objeto, estructura del objeto y constructores de tipos 601
- 20.3 Encapsulamiento de operaciones, métodos y persistencia 604
- 20.4 Herencia y jerarquías de tipos y clases 610
- 20.5 Objetos complejos 613
- 20.6 Otros conceptos de orientación a objetos 615

- 20.7 Resumen 617
- Preguntas de repaso 618
- Ejercicios 618
- Bibliografía seleccionada 619

## **Capítulo 21 Estándares, lenguajes y diseño de bases de datos de objetos 621**

- 21.1 Visión general del modelo de objeto del ODMG 622
- 21.2 El lenguaje de definición de objetos ODL 633
- 21.3 El lenguaje de consulta de objetos OQL 638
- 21.4 Visión general de la vinculación del lenguaje C++ 645
- 21.5 Diseño conceptual de bases de datos de objetos 647
- 21.6 Resumen 649
- Preguntas de repaso 650
- Ejercicios 651
- Bibliografía seleccionada 651

## **Capítulo 22 Sistemas de objetos relacionales y relacionales extendidos 653**

- 22.1 Visión general de SQL y sus características objeto-relacional 654
- 22.2 Evolución de los modelos de datos y tendencias actuales de la tecnología de bases de datos 660
- 22.3 Informix Universal Server 5 661
- 22.4 Características objeto-relacional de Oracle 8 671
- 22.5 Implementación y problemas relacionados con los sistemas de tipos extendidos 673
- 22.6 El modelo relacional anidado 674
- 22.7 Resumen 676
- Bibliografía seleccionada 677

## **■ Parte 7 Temas avanzados: seguridad, modelación avanzada y distribución 679**

### **Capítulo 23 Seguridad en las bases de datos 681**

- 23.1 Introducción a los temas de seguridad en las bases de datos 681
- 23.2 Control de acceso discrecional basado en la concesión y revocación de privilegios 685
- 23.3 Control de acceso obligatorio y control de acceso basado en roles para la seguridad multinivel 689
- 23.5 Introducción al control de flujo 696
- 23.6 Cifrado e infraestructuras de clave pública 697
- 23.7 Mantenimiento de la privacidad 699
- 23.8 Retos en la seguridad en las bases de datos 700

- 23.9 Resumen 701
- Preguntas de repaso 702
- Ejercicios 702
- Bibliografía seleccionada 703

## **Capítulo 24 Modelos de datos mejorados para aplicaciones avanzadas 705**

- 24.1 Conceptos de bases de datos activas y triggers 706
- 24.2 Conceptos de bases de datos de tiempo (temporales) 715
- 24.3 Bases de datos multimedia y espaciales 727
- 24.4 Introducción a las bases de datos deductivas 730
- 24.5 Resumen 742
- Preguntas de repaso 743
- Ejercicios 743
- Bibliografía seleccionada 746

## **Capítulo 25 Bases de datos distribuidas y arquitecturas cliente-servidor 749**

- 25.1 Conceptos de bases de datos distribuidas 750
- 25.2 Técnicas de fragmentación, replicación y asignación de datos para el diseño de bases de datos distribuidas 754
- 25.3 Tipos de sistemas de bases de datos distribuidas 759
- 25.4 Procesamiento de consultas en bases de datos distribuidas 762
- 25.5 El control de la concurrencia y la recuperación en bases de datos distribuidas 768
- 25.6 Una aproximación a la arquitectura cliente-servidor de tres niveles 770
- 25.7 Bases de datos distribuidas en Oracle 772
- 25.8 Resumen 775
- Preguntas de repaso 775
- Ejercicios 776
- Bibliografía seleccionada 778

## **■ Parte 8 Tecnologías emergentes 781**

### **Capítulo 26 Programación de una base de datos web usando PHP 783**

- 26.1 Datos estructurados, semiestructurados y no estructurados 784
- 26.2 Un sencillo ejemplo PHP 788
- 26.3 Visión general de las características básicas de PHP 790
- 26.4 Visión general de la programación de bases de datos PHP 795
- 26.5 Resumen 799
- Preguntas de repaso 799
- Ejercicios 800
- Ejercicios de práctica 800
- Bibliografía seleccionada 801



**Capítulo 27 XML: Lenguaje de marcado extensible 803**

- 27.1 Modelo de datos jerárquico (árbol) de XML 803
- 27.2 Documentos XML, DTD y XML Schema 805
- 27.3 Documentos XML y bases de datos 813
- 27.4 Consulta XML 819
- 27.5 Resumen 821
- Preguntas de repaso 821
- Ejercicios 821
- Bibliografía seleccionada 822

**Capítulo 28 Conceptos de minería de datos 823**

- 28.1 Repaso a la tecnología de minería de datos 823
- 28.2 Reglas de asociación 827
- 28.3 Clasificación 836
- 28.4 Agrupamiento 839
- 28.5 Planteamiento de otras cuestiones en minería de datos 841
- 28.6 Aplicaciones de la minería de datos 844
- 28.7 Herramientas comerciales de minería de datos 844
- 28.8 Resumen 847
- Preguntas de repaso 847
- Ejercicios 847
- Bibliografía seleccionada 849

**Capítulo 29 Visión general del almacenamiento de datos y OLAP 851**

- 29.1 Introducción, definiciones y terminología 851
- 29.2 Características de los almacenes de datos 852
- 29.3 Modelado de datos para los almacenes 854
- 29.4 Construcción de una almacén de datos 858
- 29.5 Funcionalidad típica de un almacén de datos 861
- 29.6 Almacenes de datos frente a vistas 861
- 29.7 Problemas y problemas abiertos en los almacenes de datos 862
- 29.8 Resumen 864
- Preguntas de repaso 864
- Bibliografía seleccionada 864

**Capítulo 30 Tecnologías y aplicaciones emergentes de bases de datos 865**

- 30.1 Bases de datos móviles 866
- 30.2 Bases de datos multimedia 872
- 30.3 GIS (Sistemas de información geográfica, Geographic Information Systems) 878
- 30.4 Control de los datos del genoma 889

Bibliografía seleccionada 897

Créditos 899

**Apéndice A Notaciones diagramáticas alternativas para los modelos 901**

**Apéndice B Parámetros de disco 905**

**Apéndice C Introducción al lenguaje QBE 909**

**Bibliografía seleccionada 917**

**Índice 955**